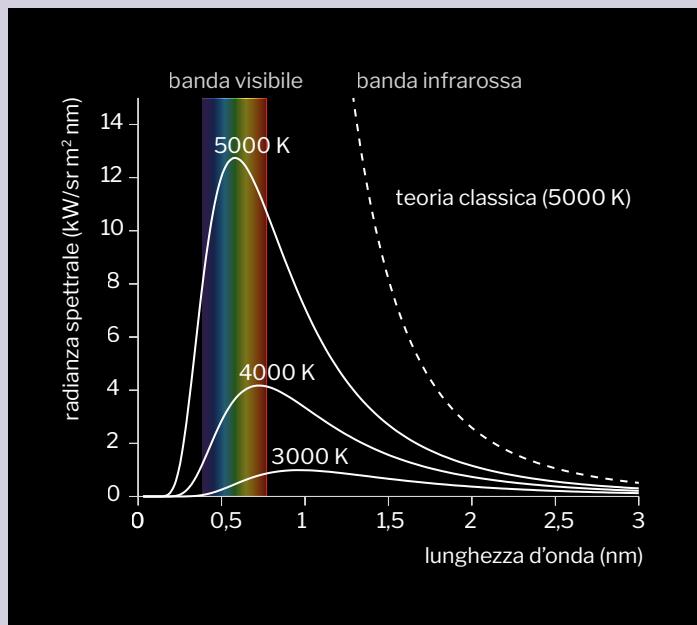


# Quanto basta per evitare una catastrofe

## La costante di Planck

di Angelo Bassi

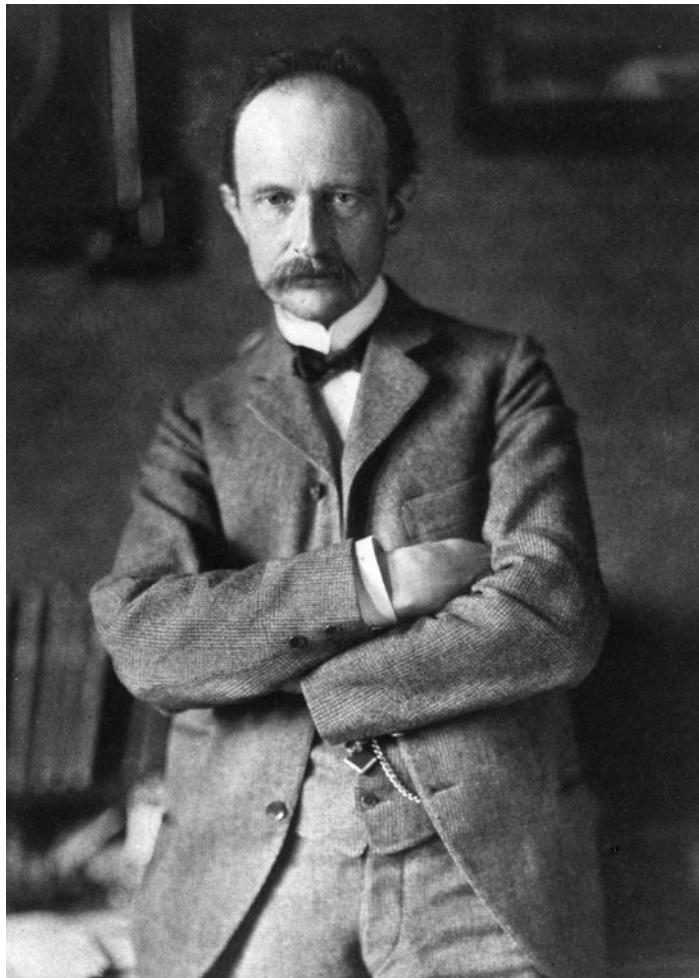


a.

Spettro di emissione del corpo nero. L'intensità della radiazione emessa dal corpo mostra un andamento prima crescente e poi decrescente al variare della lunghezza d'onda. La teoria classica, in totale disaccordo con le osservazioni, prediceva un andamento che continuava a crescere al diminuire della lunghezza d'onda (catastrofe ultravioletta). La teoria di Planck (curve continue) spiega invece perfettamente quanto misurato. Le curve sono mostrate per varie temperature del corpo nero.

La costante di Planck,  $h = 6,62607015 \times 10^{-34}$  joule secondo (ovvero la sua versione divisa per  $2\pi$ ,  $\hbar = h/2\pi$ ), è la costante fondamentale della meccanica quantistica, la teoria che, sviluppata all'inizio del secolo scorso, descrive il comportamento di atomi e molecole. Con il tempo, questa teoria ha assunto un ruolo di primo piano, estendendosi a quasi tutti i campi della fisica, dalle particelle elementari alla cosmologia. La costante  $h$  ha una data di nascita, il 14 dicembre 1900, quando il fisico tedesco Max Planck pubblicò il suo celebre articolo che offriva una soluzione al problema del corpo nero. In quel periodo, la fisica classica, dominata dalla meccanica di Newton e dall'elettromagnetismo di Maxwell, sembrava offrire una visione del mondo coerente e completa. L'attenzione dei fisici si stava quindi concentrando sulla relazione tra radiazione e materia, un tema che tuttora rimane centrale nella ricerca

scientifica. Tuttavia, nessuno immaginava che le scoperte imminenti avrebbero portato al crollo della fisica classica, basata sul determinismo delle particelle in movimento sotto l'azione di forze, e alla nascita di una teoria radicalmente nuova e ancora oggi oggetto di dibattito. Il "corpo nero", un oggetto ideale che assorbe tutta la radiazione ricevuta senza rifletterla (da cui il nome), può comunque emettere radiazione in funzione della sua temperatura, dovuta all'agitazione termica degli atomi che lo compongono. Prima di Planck, era noto che la radiazione emessa dal corpo nero dipendeva solo dalla temperatura e non dalla sua composizione. Questa caratteristica universale indicava che lo studio del corpo nero poteva rivelare aspetti fondamentali dell'interazione tra radiazione e materia, ed è proprio ciò che avvenne.



**b.**

Max Planck nel 1918, anno in cui ricevette il premio Nobel per la fisica.

Il problema risiedeva nel fatto che, secondo la fisica classica, la radiazione emessa avrebbe dovuto essere infinita, un risultato paradossale noto come “catastrofe ultravioletta” (vd. fig. a).

Planck riuscì per primo a risolvere il problema, introducendo l’idea che l’energia non veniva scambiata in modo continuo, come previsto dalla teoria classica, ma in pacchetti discreti che successivamente presero il nome di “quanti”. L’energia di ciascun quanto era proporzionale alla frequenza della radiazione secondo la formula  $E = hv$ , dove  $v$  è la frequenza e  $h$  la costante di proporzionalità.

All’inizio, lo stesso Planck non comprese appieno il significato rivoluzionario della sua ipotesi. Tuttavia, negli anni successivi, altri fisici, come Albert Einstein, ripresero questa idea per spiegare altri fenomeni come l’effetto fotoelettrico, rafforzando la validità della teoria. Nel 1918, Planck ricevette il premio Nobel per la fisica per “la scoperta dei quanti di energia”, consacrando il suo contributo al progresso della fisica moderna.

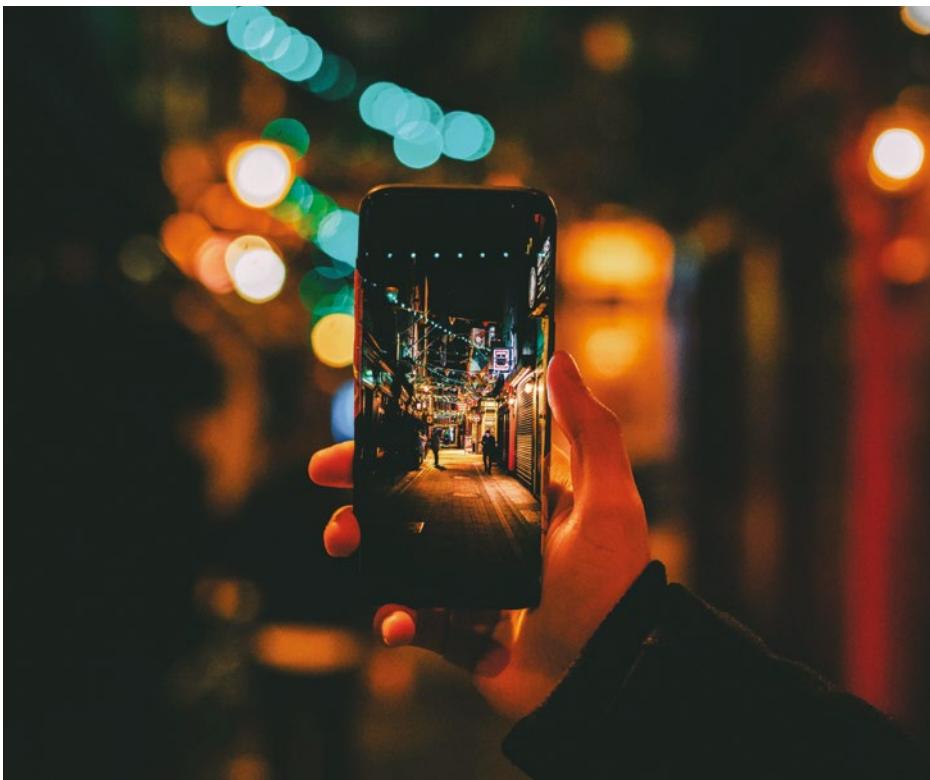
Oggi, la costante di Planck è onnipresente in ogni fenomeno quantistico ed è integrata nell’equazione di Schrödinger, che descrive il comportamento delle particelle su scala atomica. Ad esempio, i livelli energetici degli atomi, anch’essi discreti, dipendono in maniera cruciale da  $h$  e costituiscono la base

della moderna comprensione della chimica e della scienza dei materiali. Questo, a sua volta, ci permette di spiegare la struttura stessa del mondo in cui viviamo.

Il valore numerico di  $h$ , espresso in unità macroscopiche (metro, chilogrammo e secondo), è estremamente piccolo, il che indica che i fenomeni quantistici non sono direttamente visibili nella nostra vita quotidiana. Il mondo che percepiamo ci appare continuo e classico, senza salti o discontinuità, proprio come l’acqua di un mare ci appare uniforme anche se è composta da molecole microscopiche. Tuttavia, a livello fondamentale, siamo costantemente immersi nella meccanica quantistica, dato che la luce e la materia che costituiscono il nostro mondo seguono le sue leggi.

Grazie a questa teoria, abbiamo tecnologie che fanno parte della nostra vita quotidiana, come il laser e il transistor, quest’ultimo essendo alla base dei computer e degli smartphone.

Le applicazioni della meccanica quantistica si estendono anche al campo medico, con tecniche di diagnosi avanzate come la risonanza magnetica nucleare. Guardando al futuro, si stanno sviluppando nuovi dispositivi come computer quantistici, sensori quantistici e metodi di comunicazione



C.

Computer e smartphone non esisterebbero senza la teoria della meccanica quantistica.

quantistici, che promettono un impatto ancora maggiore sulla nostra vita quotidiana.

Tuttavia, questa teoria presenta un paradosso: prevede che tutti gli oggetti si comportino come pacchetti di onde di materia, i quali dovrebbero diffondersi e dissolversi nel tempo, ma nella realtà questo non accade. Questo concetto è legato al famoso paradosso del gatto di Schrödinger (vd. in Asimmetrie n. 33 p. 22, ndr), un esperimento mentale proposto da Erwin Schrödinger nel 1935 per dimostrare che, secondo la meccanica quantistica, un gatto (o qualsiasi altro essere vivente) potrebbe trovarsi in uno stato di sovrapposizione, essendo sia vivo che morto allo stesso tempo. Il paradosso mette in luce un problema della teoria quando applicata al mondo macroscopico, evidenziando la difficoltà di conciliare la fisica classica con la meccanica quantistica.

Infine, come possiamo misurare  $h$ ? Un metodo semplice è

quello di utilizzare la formula originale di Planck  $E = hv$ . Per questo serve una sorgente che emetta fotoni a una frequenza ben definita, come un LED stimolato da una differenza di potenziale elettrico. Misurando la frequenza dei fotoni emessi al variare dell'energia applicata, si può tracciare un grafico di  $E$  in funzione di  $v$ . La pendenza di questa linea retta rappresenta il valore di  $h$  e, con un po' di pratica e strumenti non troppo costosi, questo esperimento è alla portata di chiunque voglia cimentarsi nella misurazione di una delle costanti fondamentali dell'universo.

La costante di Planck non è solo una cifra misteriosa nel mondo della fisica dei quanti, ma un elemento chiave che ha aperto la strada alla comprensione del mondo microscopico e ha portato a sviluppi tecnologici che plasmano la nostra vita quotidiana e il nostro futuro.

#### Biografia

**Angelo Bassi** è laureato e dottorato in fisica all'Università di Trieste. Ha lavorato al Centro Internazionale di Fisica Teorica di Trieste e successivamente in Germania a Monaco come Marie Curie Fellow. Ora è professore ordinario all'Università di Trieste. Le sue ricerche riguardano la meccanica quantistica e i suoi fondamenti.